第48卷　第3期
2025年3月

干旱区地理
ARID　LAND　GEOGRAPHY

Vol. 48　No. 3
Mar. 2025

干旱区主要农作物生产时空格局演化及影响因素分析
——以新疆地区为例

王福红[1,2]，　夏　咏[2]

（1. 兰州财经大学农林经济管理学院，甘肃 兰州　730101；2. 新疆农业大学经济管理学院，新疆 乌鲁木齐　830052）

摘　要：干旱区农业由于独特的资源环境约束，在区域社会经济、生态文明建设过程中具有重要的作用。以新疆为例，在县域尺度运用重心迁移模型、区位基尼系数、比较优势指数、全局莫兰指数等方法，探析2000—2020年新疆6类主要农作物生产时空格局演变特征与影响因素。结果表明：(1) 2000—2020年新疆农业种植规模不断扩大，主要农作物生产之间形成了棉蔬果"进"、粮油糖"退"的基本竞争态势。(2) 6类主要农作物的生产重心聚集于区域内中西部，且棉花、蔬菜、瓜果生产集聚程度不断增强，生产规模向少数县域聚集。(3) 在全国层面新疆主要农作物生产均具有效率比较优势，棉花、糖料、瓜果生产兼具规模比较优势和综合比较优势，尤其是棉花生产的规模比较优势十分显著。在本地区层面新疆多数县域主要农作物生产不具有比较优势，且部分具有比较优势的县域也主要以规模主导优势为主。(4) 政策引导、技术进步及农民收入的增加是影响区域主要农作物生产格局演变的重要因素。

关 键 词：农作物；时空格局；比较优势；干旱区；新疆

文章编号：1000－6060(2025)03－0444－11(0444～0454)

农业作为国民经济的基础产业，为人类生存发展提供了所需的营养物质和能量，也为社会经济持续发展提供了必要物质基础[1]。然而受气候变化、地缘战争冲突、贸易摩擦及居民食物消费结构变化等国内外供需环境影响，导致中国农业生产基础并不牢固，农业生产不确定性因素增加，促使农业生产面临转型升级的任务[2-4]。与此同时，新疆耕地却在全国减少的背景下呈现出不降反增的态势[5]，凭借独特的资源禀赋，2022年新疆生产了全国90.19%的棉花，44.68%的甜菜，15.41%的甜瓜，2.64%的粮食[6]，深刻改变了中国农业生产格局，也影响着区域社会经济发展和全国重要农产品的供给。然而，新疆作为欠发达地区，受水资源匮乏、生态环境脆弱、经济基础薄弱等因素的约束，农业生产效益有待提升，亟须深化区域主要农作物生产格局时空演变特征和形成机制的认识，优化农业生产格局，推动新疆农业生产在规模扩张过程中提升综合效益。

农作物生产结构和布局是农业发展的重要组成部分，也是传统农业地理学和农业可持续发展研究的重要内容[7]。近年来学者从国家[8-10]、省域[11]、县域[4,12]等多尺度，聚焦农业生产空间演化[13-14]、影响机制[10]、安全评价[15]等内容开展了丰富的研究。此外，单一农作物（如粮食[10]、大豆[16]、玉米[17]、马铃薯[18]等）的生产布局也受到广泛关注。已有研究成果对农作物生产格局的演化研究奠定了良好基础，但仍有些不足，主要体现在针对生态环境脆弱的干

收稿日期：2024-03-26；　**修订日期**：2024-04-15

基金项目：国家社会科学基金项目（24XTJ003）；新疆西甜瓜产业技术体系项目（XJARS-06）；新疆维吾尔自治区高校基本科研业务费科研项目（XEDU2024J045）；新疆社会经济统计与大数据应用研究中心项目（XJEDU2023J004）；2024年新疆维吾尔自治区研究生教育创新计划项目（XJ2024G118）资助

作者简介：王福红（1993-），男，博士，讲师，主要从事农业资源利用与农业经济研究. E-mail: wangfh@lzufe.edu.cn

通讯作者：夏咏（1971-），男，博士，教授，主要从事农业经济管理研究. E-mail: x0991y@163.com

旱区农业生产比较优势研究较为薄弱，当前虽已有新疆农作物生产格局及比较优势的研究[19-21]，但聚焦于对单一农作物生产状况的研究，缺乏对不同农作物之间的竞争态势及生产格局演化特征与驱动机制研究的整体认知。综上所述，在农作物种植结构优化调整目标从追求经济效益转变到以人地关系和谐为主的综合效益的转型过程中，深化干旱区农作物生产格局演化的认识，对优化农业生产布局，挖掘农业生产潜力具有重要意义。基于此，本文以县域为研究单元，采用重心迁移模型、区位基尼系数等方法，探析2000—2020年新疆主要农作物生产格局的时空演化特征及影响因素，以期为区域农业经济的发展提供决策参考。

1　数据与方法

1.1　研究区概况

新疆(73°25′~96°24′E，34°09′~49°08′N)地处中国西北内陆，总面积1.66×10^6 km^2，约占全国国土面积的1/6。该区域属于典型的干旱区气候，降水稀少，蒸发量大，多年平均降水量为146.4 mm，蒸发量为1600~2300 mm。新疆农业发展水资源匮乏，但光、热和土等资源组合条件优越。2020年新疆农业种植面积达6.28×10^6 hm^2，农业产值达2.94×10^{15} 元。

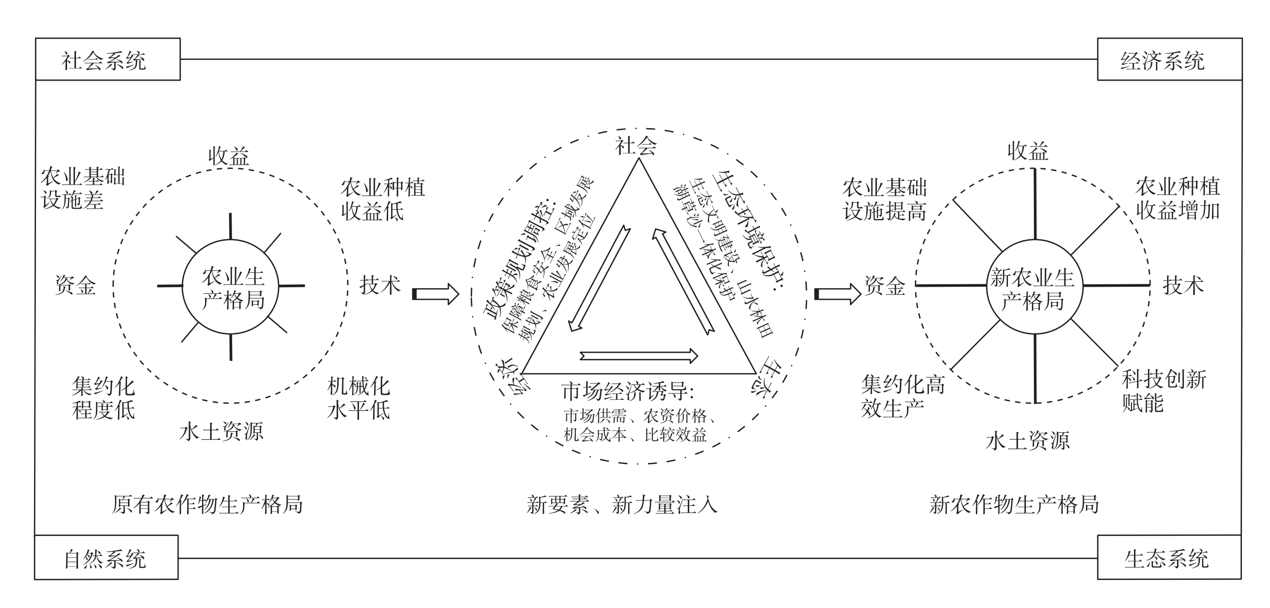
1.2　数据来源

本文结合新疆农作物生产特点和数据的可获得性，选取粮食、棉花、油料、糖料、蔬菜、瓜果6类主要农作物作为研究对象。根据新疆行政区划以及数据特征，将2000—2020年的行政区划变更及其统计数据加以修正，并将同一地级市属下的市辖区合并为同一研究单元，共获得93个基本的县级研究单元。数据主要来源于2001—2021年《新疆统计年鉴》《新疆生产建设兵团统计年鉴》。

1.3　理论分析

农作物生产是由水、土、气、劳动力、科技、市场、政策等多因素相互作用的自然-社会-经济-生态复合开放系统[4,22]，导致农业兼具了自然再生产和经济再生产的双重特征，因而农作物生产格局的形成演化也必然受到自然环境、经济发展、科技进步、国家政策等多因素的影响。中国国土资源辽阔，各地区在农业生产要素等方面差异显著，原有的农作物生产格局在气候环境变化及社会经济快速发展过程中，不能满足局部或整体对农业发展的需求，也不利于农业资源高效配置和社会整体效益的提升。随着政策引导、市场诱导等新要素注入，引发农作物生产格局的变化，实现新的农业生产格局以满足社会经济发展对于农业生产的需求，实现农业发展最大效益(图1)。

自然资源禀赋是农作物生产格局演变的基础。在农业生产过程中，光热条件、地形地貌、灌溉水源、土壤肥力等自然资源禀赋决定了不同类型农作物生产的适宜性以及空间分布的可能性[4]。新疆



注：农业生产格局与新农业生产格局表征中，外层圆圈虚线代表预期可达到的状况，里层辐射直线长短表示现实状况。

图1　农作物生产格局演化机制路径

Fig. 1　Evolution mechanism of crops production pattern

棉花、甘肃马铃薯等优势特色农业产业集群的形成多是基于当地独特的自然资源禀赋,并通过种植惯例代际传递形成农作物生产格局分布的基本形态。市场经济因素是农作物生产格局演变的内在动因。农业生产活动自身的经济属性,也决定了农户种植作物类型的选择是基于预期经济收益的驱动。玉米种植收益的下降,大豆收益的提升,导致近些年黑龙江、吉林、内蒙古等传统玉米集聚区的大豆种植规模不断扩大[23]。

科技进步为农作物生产格局变迁创造有利条件。农业科技进步通过突破某些自然因素的制约,扩展农业生产的地域范围以及作物分布的适宜性,同时也为传统农业生产要素赋能,强化了农作物生产空间格局。政策规划保障农作物生产格局演变的最大效益。农产品具有准公共产品的特殊属性[24],是保障人民生活、社会稳定的重要因素。由于市场机制的调节具有盲目性,农户自发调整农作物种植结构并不能实现农业生产的社会经济生态效益最大化,因此必须通过有效的宏观调控对经济理性下的农作物生产格局予以引导修正。棉花目标价格补贴政策既提升了新疆棉花产业的竞争力,也形成全国新疆棉花"一枝独秀"生产格局[25]。

1.4 研究方法

1.4.1 重心迁移模型 本文参照杨宗辉等[10]学者的研究方法,采用重力迁移模型模拟不同年份新疆主要农作物生产重心坐标和移动距离。具体计算公式为:

$$X_j = \sum_{i=1}^{n}\left(M_{ij} \times X_i\right) \Big/ \sum_{i=1}^{n} M_{ij}$$
$$Y_j = \sum_{i=1}^{n}\left(M_{ij} \times Y_i\right) \Big/ \sum_{i=1}^{n} M_{ij} \tag{1}$$

式中:$\left(X_j, Y_j\right)$为j作物产量的重心坐标;M_{ij}为区域内i单元j作物的产量(t);$\left(X_i, Y_i\right)$为区域内i单元的几何中心坐标。重心迁移距离计算公式如下:

$$d_{\alpha \to \beta} = k\sqrt{\left(X_\alpha - X_\beta\right)^2 + \left(Y_\alpha - Y_\beta\right)^2} \tag{2}$$

式中:$d_{\alpha \to \beta}$为α年到β年的重心迁移距离(km);k为常数,取值111.111 km;$\left(X_\alpha, Y_\alpha\right)$和$\left(X_\beta, Y_\beta\right)$分别为$\alpha$、$\beta$年某作物产量的重心坐标。

1.4.2 区位基尼系数 本文参照张建华[26]的研究方法,运用区位基尼系数表征农作物空间生产分布的不均匀程度,值越大表示其生产在空间上趋于集聚,取值范围为[0, 1],计算公式为:

$$G_j = 1 - \frac{1}{n}\left(2\sum_{q=1}^{n-1} R_{qj} + 1\right) \tag{3}$$

式中:G_j为j作物的区位基尼系数;n为将各县域单元的j作物产量按从低到高排序后,将县域单元均等分为n组,本文将93个县域分成31组,即n=31;R_{qj}为第q组j作物产量占全部县域j作物总产量的比重(%)。

1.4.3 比较优势指数 本文采用规模比较优势指数、效率比较优势指数、综合比较优势指数[4]来表征在自然禀赋和经济因素等多要素综合影响下的区域农作物生产比较优势。

规模比较优势指数表征地区内某类农作物种植的规模比较优势,计算公式为:

$$\mathrm{SAI}_{ij} = \left(S_{ij}/S_i\right) \Big/ \left(S_j/S\right) \tag{4}$$

式中:SAI_{ij}为i单元j作物的规模比较优势指数;S_{ij}为i单元j作物的种植面积(hm^2);S_i为i单元农作物种植总面积(hm^2);S_j为更高一级区域j作物的种植面积(hm^2);S为更高一级区域农作物种植总面积(hm^2)。

效率比较优势指数表示区域内某类农作物生产效率的比较优势,计算公式为:

$$\mathrm{EAI}_{ij} = P_{ij}/P_j \tag{5}$$

式中:EAI_{ij}为i单元j作物生产效率的比较优势指数;P_{ij}为i单元j作物的单位面积产量($t \cdot hm^{-2}$);P_j为更高一级区域j作物的单位面积产量($t \cdot hm^{-2}$)。若EAI>1,表示区域内该作物生产比更高一级区域范围的生产更具效率比较优势,其值越大,优势更加明显;EAI<1,表示区域内该作物的生产在更高一级区域范围内不具有效率比较优势。

综合比较优势指数用于全面表征区域内农作物生产的比较优势水平,计算公式为:

$$\mathrm{AAI}_{ij} = \sqrt{\mathrm{SAI}_{ij} \times \mathrm{EAI}_{ij}} \tag{6}$$

式中:AAI_{ij}为i单元j作物生产的综合比较优势指数。若AAI>1,表示该作物生产具有综合比较优势,其值越大,综合比较优势更加明显;若AAI<1,表示该作物生产不具有综合比较优势。同时借鉴屠爽爽等[4]的分类标准,将各县域主要农作物生产优势类型划分为:优势区和劣势区2个一级分区,均衡优势区、规模主导优势区、效率主导优势区、低规模劣势区、低效率劣势区和绝对劣势区6个二级分区。

1.4.4　全局莫兰指数　由于空间数据自变量之间存在关联性，本文选用全局莫兰指数（全局Moran's I 指数）来表征新疆主要农作物生产的规模比较优势、效率比较优势和综合比较优势是否存在集聚效应。计算公式如下：

$$I = \frac{n\sum_{i=1}^{n}\sum_{y=1}^{n} w_{iy}\left(x_i - \bar{x}\right)\left(x_y - \bar{x}\right)}{\sum_{i=1}^{n}\sum_{y=1}^{n} w_{iy}\sum_{i=1}^{n}\left(x_i - \bar{x}\right)^2} \tag{7}$$

式中：I 为全局Moran's I 指数，取值范围为[−1, 1]；n 为样本量，即空间单元个数；x_i 和 x_y 分别为 i、y 单元的比较优势指数；$\bar{x}$ 为比较优势指数的平均值；w_{iy} 为空间权重矩阵。

2　结果与分析

2.1　新疆主要农作物种植规模时序变化特征

新疆农作物种植规模呈现持续扩张趋势，农作物种植结构主要以粮食和棉花为主，其中粮食、油料的种植比例总体呈现下降态势，棉花和蔬菜呈现上升趋势，其他农作物变化幅度较小。如图2所示，2000—2020年粮食、棉花、蔬菜、瓜果种植面积分别增加了51.88%、147.13%、153.03%、108.00%，油料种植面积减少了42.85%，其中粮食和棉花的种植面积净增加最高，粮食增加76.18×10^4 hm^2，棉花增加148.95×10^4 hm^2。粮食、棉花、油料、糖料、蔬菜、瓜果的种植面积变异系数分别为0.21、0.31、0.17、0.31、0.26、0.28，棉花和糖料的种植面积波动幅度最大。粮食与蔬菜产量总体呈现波动中增长的态势；棉花产量亦持续增加，年均增长11.62%；油料产量总体较为稳定，糖料与瓜果产量起伏变化较大。粮食、棉花、油料、糖料、蔬菜、瓜果产量变异系数分别为0.29、0.39、0.21、0.28、0.32、0.42，瓜果产量变化波动幅度最大。由此可见，新疆主要农作物生产之间总体形成了棉蔬果"进"、粮油糖"退"的基本竞争态势。

2.2　新疆主要农作物生产空间格局演化特征

基于ArcGIS 10.8计算了2000—2020年新疆主要农作物产量的重心坐标和移动距离（表1），绘制了各类农作物重心迁移轨迹（图3）。总体上，新疆主要农作物生产重心较为集中，主要聚集于新疆中西部地区。粮食、油料、棉花生产呈现"北进"态势，而蔬菜、糖料生产呈现"南下"态势，瓜果在2010年前后呈现明显相反的趋势。由图3和表1可知，粮食和糖料生产重心迁移变化幅度较小，2000—2010年粮食生产重心位于拜城县，之后开始向北向西移动，呈"Z"字形轨迹；棉花和油料生产重心迁移变化幅度较大，2015年后生产重心迅速北移，表明北疆棉花和油料生产贡献有所提升；蔬菜生产重心持续向南移动；瓜果生产重心变化幅度最大，2000—2010年重心迅速向西南移动，此后10 a迅速向东北移动。由此可见，部分农作物生产重心存在显著回弹特征，究其原因可能是新疆近些年耕地扩张显著，水资源长期处于过度开发状态，多数地区实行退地减水的政策来协调社会经济发展与资源环境

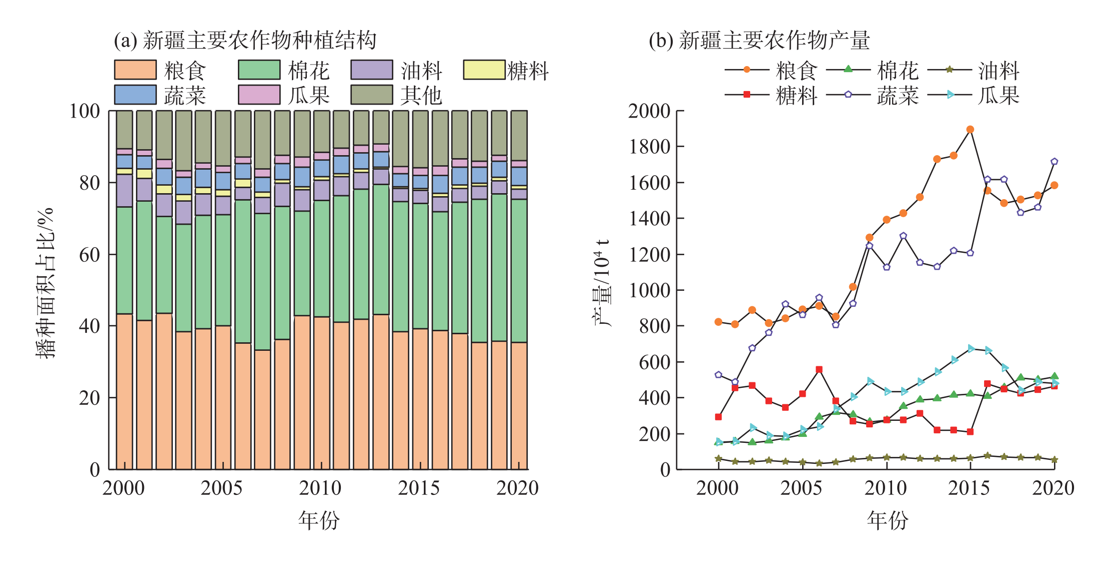


图2　2000—2020年新疆主要农作物的种植结构和产量变化

Fig. 2　Changes of planting structure and yield of main crops in Xinjiang from 2000 to 2020

表1 2000—2020年新疆主要农作物产量重心迁移距离

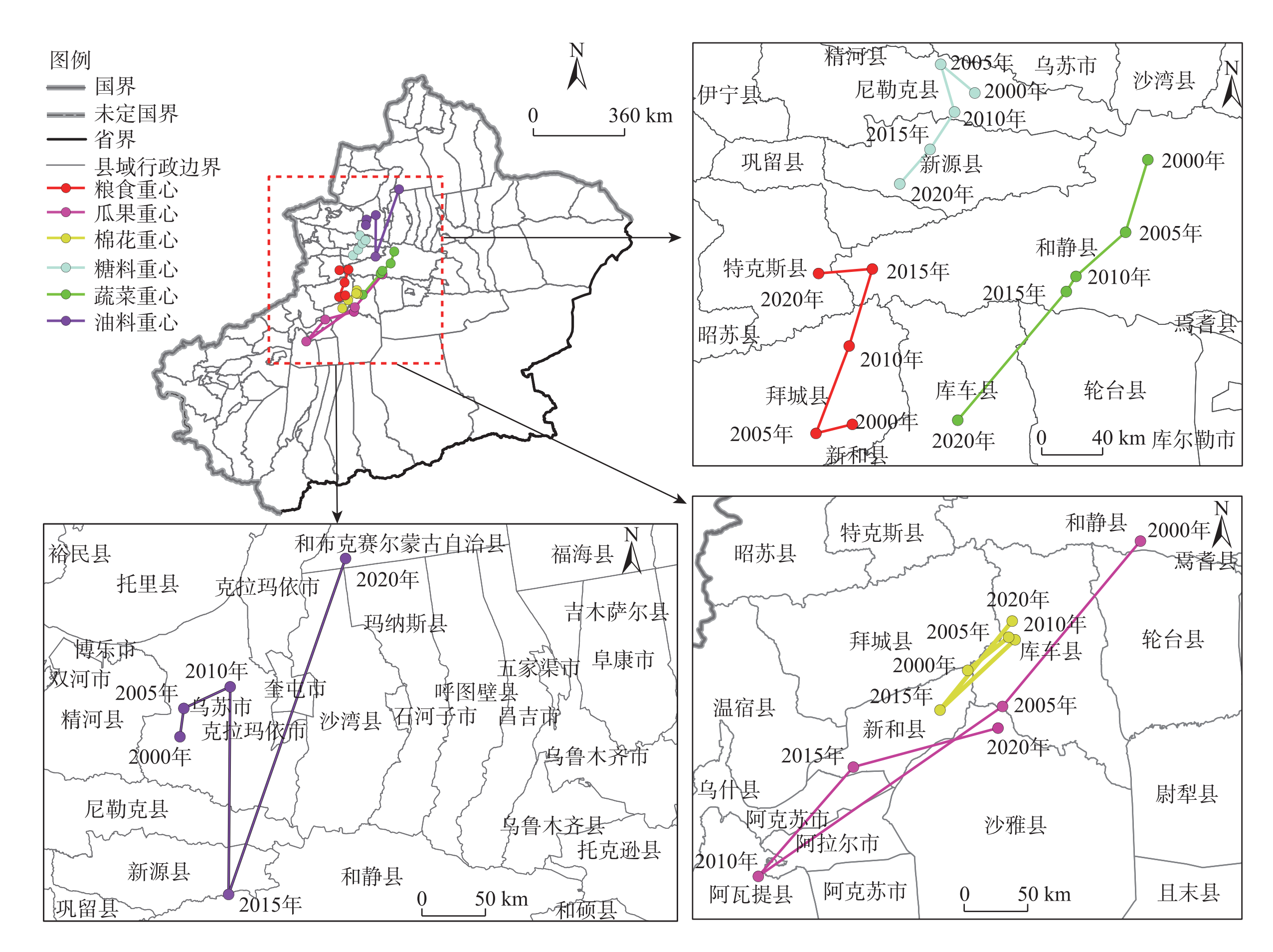
Tab. 1 Moving distance of gravity center of major crops yield in Xinjiang from 2000 to 2020 /km

年份	粮食	棉花	蔬菜	瓜果	油料	糖料
2000—2005	32.54	51.38	52.79	199.75	23.04	34.98
2005—2010	65.48	7.02	54.15	290.94	54.62	32.99
2010—2015	55.51	98.27	13.48	133.01	163.75	34.00
2015—2020	48.01	105.33	131.08	154.42	302.63	36.56
2000—2020	101.75	62.02	246.95	215.42	238.47	92.79

关系，从而导致部分农作物生产重心出现回弹。此外，2000—2020年粮食、棉花、瓜果区位基尼系数不断上升，蔬菜和糖料区位基尼系数不断下降（图4），表明新疆粮食、棉花、瓜果生产趋于向少数县域聚集，蔬菜和糖料的生产趋于分散。油料区位基尼系数变化波动较大，但总体呈现出聚集态势。

2.3 新疆主要农作物生产比较优势分析

新疆主要农作物生产在全国层面具有明显的比较优势。由图5可知，2000—2020年新疆粮食、蔬菜、油料的规模比较优势指数小于1；棉花、糖料、瓜果生产的规模比较优势指数大于1，尤其是棉花的规模比较优势指数呈增加态势，最高达21.05，表明在全国范围内新疆棉花具有显著的规模比较优势。新疆主要农作物的效率比较优势指数除瓜果和油料在个别年份小于1外，其他年份均是大于1，表明新疆主要农作物生产效率也高于全国相应农作物的生产效率。从综合比较优势指数来看，棉花综合比较优势指数在3.45~4.82之间，糖料综合比较优势指数在3.12~5.21之间，瓜果综合比较优势指数在1.02~1.47之间，均大于1，表明新疆棉花、糖料、瓜果生产在全国具有较强的竞争优势。此外，对比分析图5a和图5c可知，规模比较优势指数和综合比较优势指数的变化趋势趋于一致，反映了新疆主要农作物生产比较优势主要源自规模比较优势主导，究其原因可能是新疆耕地利用规模不断扩张，为农作物生产形成规模优势奠定了基本的资源基础。



注：基于自然资源部标准地图服务网站审图号为GS(2016)2556号的标准地图制作，底图边界无修改。下同。

图3 2000—2020年新疆主要农作物产量重心迁移轨迹

Fig. 3 Migration trajectory of gravity center of major crops yield in Xinjiang from 2000 to 2020

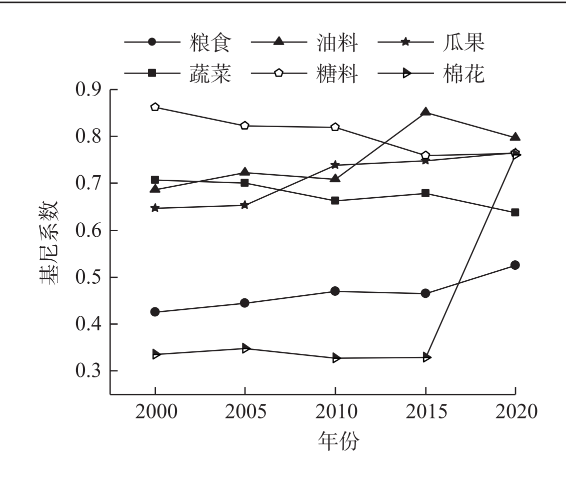


图4　2000—2020年新疆主要农作物产量区位基尼系数

Fig. 4　Gini coefficients of major crops yield in Xinjiang from 2000 to 2020

为进一步探析新疆主要农作物生产比较优势的空间分布特征，本文运用全局Moran's I指数分析主要农作物生产比较优势的集聚效应。由表2可知，除个别年份少数农作物生产效率比较优势的全局Moran's I指数小于0外，其他农作物的规模比较优势指数、效率比较优势指数和综合比较优势指数全局Moran's I指数均大于0，表明新疆主要农作物生产比较优势在空间上呈现显著的集聚特征，即生产比较优势较高的县域，其周边集聚的县域生产比较优势也较高。干旱区绿洲农业对水利灌溉设施要求高，水利灌溉设施建设并非均匀分布，主要集中在部分重点区域，极易导致农业生产规模的集聚。同时，与周边区域优势农作物生产形成相互支撑的区域联动效应，也易提升区域优势农作物生产的效率水平。此外，新疆主要农作物生产的比较优势指数的全局Moran's I指数总体上并不高，表明新疆农作物生产虽然存在一定的集聚效应，但集聚效应程度并不强，究其原因是新疆土地资源十分丰富，但受水资源约束作用也十分显著，水土资源的不匹配导致农作物生产的比较优势在空间上的集聚效应和区域联动效应受限。

为更加直观地反映新疆县域主要农作物生产在本区域内的比较优势状况，对各类作物不同年份县域比较优势类型数量进行统计（图6），同时依据比较优势分区标准，对2020年新疆县域主要农作物生产比较优势分区进行可视化处理（图7）。由图6、图7可知，在本地区层面，新疆多数县域主要农作物生产的优势并不突出，且多数县域属于既无规模比较优势又无效率比较优势的绝对劣势区；而具备优势的县域多是规模主导的优势区和均衡优势区，反映了干旱区农业生产独特的"以水定地、以水定粮"的农业生产特征，灌溉条件直接决定了农业生产的规模和效率，灌溉条件好的区域可以多开垦耕地，极易形成规模主导的优势区。

2.4　新疆主要农作物生产格局影响因素分析

农作物生产是自然再生产和经济再生产相互交织结合的过程，其种植结构、空间布局易受到国家政策、科技条件、经济效益、资源禀赋等多种因素的影响[14,27]。因此，根据上述理论分析及相关的研究成果[9,19-20]结合研究区域特征，分别从农户收益、产业贡献、运输能力、水土资源开发、政策、科技等方面选取了与农作物生产格局演化密切相关的8个指标组成自变量数据，包括农村居民人均收入、城镇化率、耕地面积、农业用水量、农业支出占财政比例、第一产业贡献率、农业机械总动力、货物周转量。由不同作物的规模比较优势指数、效率比较优

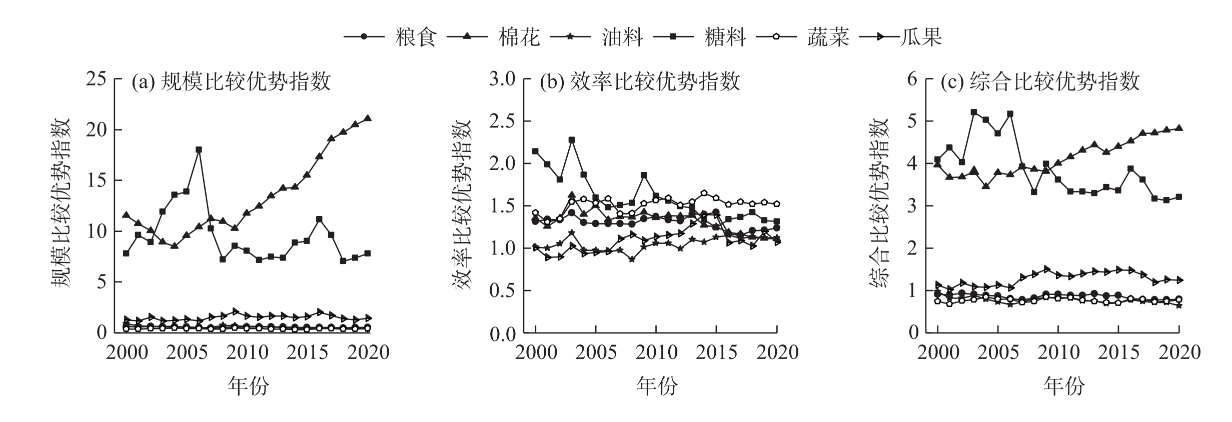


图5　2000—2020年新疆主要农作物生产比较优势变化

Fig. 5　Changes of comparative advantages of major crops production in Xinjiang from 2000 to 2020

表2 新疆主要农作物生产SAI、EAI和AAI指数全局Moran's *I*

Tab. 2 Global Moran's *I* of SAI, EAI, AAI of major crops production in Xinjiang

作物	指数	2000年	2005年	2010年	2015年	2020年
粮食	SAI	0.439	0.401	0.448	0.434	0.457
	EAI	0.191	0.225	0.243	0.318	0.219
	AAI	0.340	0.343	0.427	0.441	0.370
棉花	SAI	0.481	0.464	0.475	0.467	0.495
	EAI	0.399	0.435	0.415	−0.022	0.313
	AAI	0.521	0.482	0.485	0.306	0.477
油料	SAI	0.431	0.372	0.446	0.432	0.497
	EAI	0.004	0.197	0.220	−0.008	0.034
	AAI	0.521	0.548	0.622	0.181	0.492
糖料	SAI	0.266	0.351	0.315	0.402	0.247
	EAI	0.481	0.471	0.513	0.591	0.302
	AAI	0.430	0.490	0.460	0.492	0.343
蔬菜	SAI	0.199	0.208	0.239	0.299	0.233
	EAI	0.209	0.309	0.377	0.227	0.251
	AAI	0.258	0.279	0.318	0.269	0.302
瓜果	SAI	0.087	0.143	0.215	0.196	0.126
	EAI	0.243	−0.028	0.112	0.123	0.082
	AAI	0.175	0.225	0.317	0.275	0.217

注:SAI、EAI和AAI分别为规模比较优势指数、效率比较优势指数和综合比较优势指数。

势指数、综合比较优势指数组成因变量数据。此外由于社会经济因素之间普遍存在多重共线性问题从而影响建模精度,因此参考相关的研究成果[28],选用偏最小二乘回归模型。本文基于DPS数据处理系统对因变量和自变量数据进行处理完成模型构建。

模型效应和因变量权数反映的是自变量对因变量影响程度的强弱。由表3可知,影响新疆主要农作物规模比较优势格局变化的首要因素是农业支出占财政比例,反映了政策引导是新疆农作物形成规模优势的重要原因。《支持新疆农牧业发展规划(2012—2020年)》中明确提出了围绕"保粮、调棉、兴果、促畜"的目标,做大做强特色产业,建设国家粮食安全后备基地、国家优质商品棉基地、特色林果业基地。近10 a新疆农业生产综合能力不断提高,棉花、瓜果等产业不断做强,与国家政策扶持引导农业生产布局密切相关。

新疆主要农作物效率比较优势格局演变的主要影响因素是农业机械总动力,表明技术进步是提升农作物生产效率的重要因素。科技引领和装备

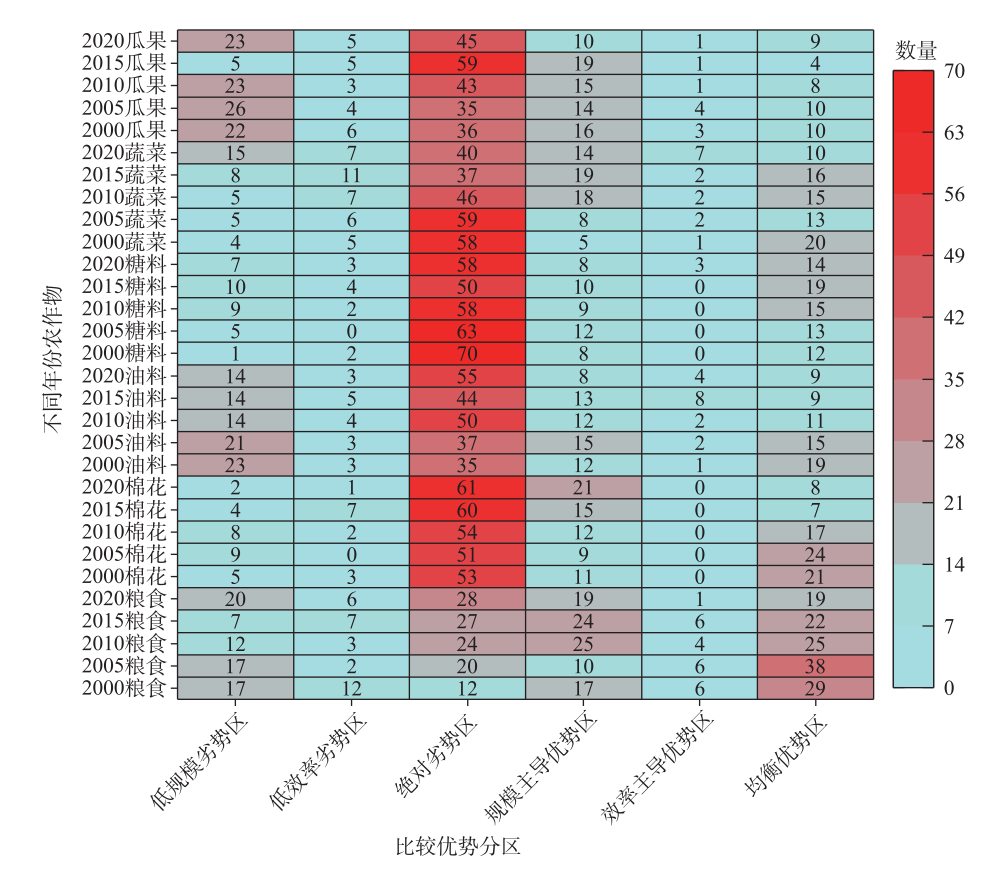


图6 2000—2020年新疆主要农作物生产优势分区

Fig. 6 Subregions of main crop production advantages in Xinjiang from 2000 to 2020

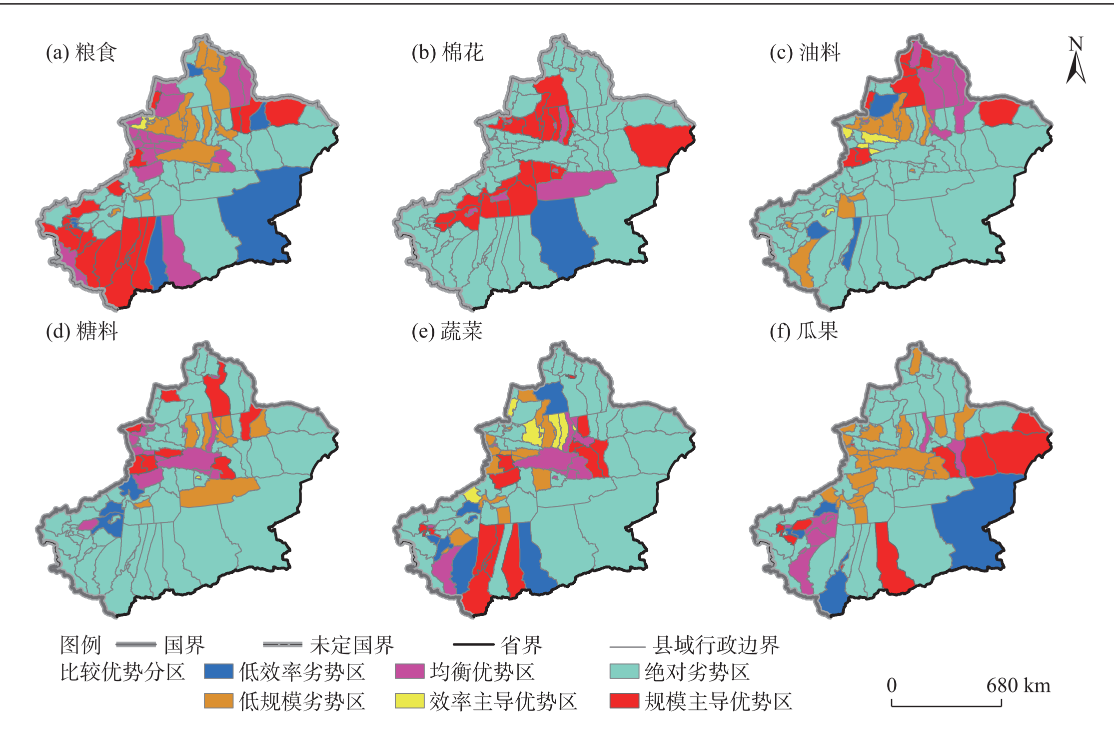


图7　2020年新疆主要农作物生产比较优势类型划分

Fig. 7　Classification regional types of comparative advantages of major crops production in Xinjiang in 2020

表3　模型效应和因变量权数及模型效应负荷量

Tab. 3　Dependent variable weights and model effect loadings

类型	项目	农村居民人均收入	城镇化率	耕地面积	农业用水量	农业支出占财政比例	第一产业贡献率	农业机械总动力	货物周转量
规模比较优势	模型效应和因变量权数	0.3966	0.4105	0.3959	0.1936	0.4234	0.3484	0.4089	0.3820
	模型效应负荷量	0.3989	0.3974	0.3868	0.2089	0.4013	0.3482	0.3958	0.3951
效率比较优势	模型效应和因变量权数	0.3796	0.3508	0.4207	0.2348	0.4244	0.3144	0.4436	0.3716
	模型效应负荷量	0.3905	0.4083	0.4050	0.1630	0.3969	0.3800	0.4043	0.3884
综合比较优势	模型效应和因变量权数	0.4124	0.3994	0.4077	0.1337	0.4054	0.3854	0.4136	0.3934
	模型效应负荷量	0.4084	0.3950	0.4184	0.1433	0.3855	0.3794	0.3921	0.4051

支撑是现代农业发展的重要标志，以水利灌溉技术为例，区域水资源承载力是制约绿洲农业发展的关键因素[27]，作为干旱区典型的绿洲灌溉农业区，提升区域水资源利用效率是保障新疆农业生产的必要条件。根据《中国水利统计年鉴》显示近10 a间新疆不断加大对农业水利建设的投资力度，发展实施农业高效节水建设。节水灌溉面积从2010年的298.26×10^4 hm^2增加到2020年的433.33×10^4 hm^2，增长幅度达到45.28%，其中以滴灌、渗灌等形式的微灌节水灌溉面积增幅更是达到了135.53%。技术进步及农民收入变化与新疆主要农作物综合比较优势格局变化最为显著（表3）。新疆水土资源不匹配，农业技术进步可以更好地优化农业生产要素的投入，提高资源的利用效率。农户种植收益提升会增强农业特色优势产业发展的示范效应，推动种植范围及技术经验等外溢，从而促进产业进入循环累积自增强的状态，提升产业发展的综合优势。

3　讨　论

农作物种植结构的时空演化信息是农业地理和农业可持续发展研究的重要基础信息，对国家进行科学有效的农业生产管理、粮食安全预警评估等方面具有重要的意义[29]。农业生产格局的时空演化，既体现在农作物生产区域间的产量差异，也包含农作物生产空间配置的地域分异[30]。与现有研究相比，本文关注的是与全国耕地变化呈相反趋势

的干旱区农作物生产格局演化，其呈现的比较优势与其他地区[4]也表现出显著的差异，尤其是新疆粮食、棉花、瓜果等农作物生产的规模比较优势突出，已成为国家重要的粮食、棉花生产基地，因此2022年新疆也将粮食工作方针从“区内平衡、略有结余”调整为“区内结余、供给国家”。

政府调控引导、市场诱导以及技术进步等因素对于农作物生产格局及比较优势的演化至关重要[8-9,13]。新疆棉蔬果“进”、粮油糖“退”的基本竞争态势背后折射出的是在区域资源环境约束背景下，自上而下的政策宏观调控和自下而上市场经济行为，促使劳动力、技术、资金、土地等要素流动，打破了原有种植惯例下的生产路径，改变了生产结构和区域生产布局。此外，新疆部分农作物生产虽具有显著的比较优势，但在本地区层面多数县域却呈现出既无规模优势又无效率优势，而具有优势的县域也多是规模主导的优势。究其原因，新疆作为欠发达地区，地区经济发展不平衡不充分显著，且水资源匮乏生态环境脆弱，导致农业发展和产业效益受限。在未来发展过程中，应优化农业水资源配置，提升旱作农业的用水效率，提高农业生产基础设施，创新农业生产经营模式，推动区域农业生产的规模优势向效率和综合优势转化，促使区域农业生产发挥最佳的社会经济生态效益。

4 结 论

（1）2000—2020年新疆农作物生产规模持续扩大，种植结构主要以粮食和棉花为主；新疆主要农作物之间形成了棉蔬果“进”、粮油糖“退”的基本竞争态势。6类农作物生产重心主要集中在区域中西部，并且均发生了不同程度的位移；粮食、棉花、瓜果生产的集聚程度不断增强，生产分布趋于向少数县域集中；蔬菜和糖料的生产集聚程度不断下降，生产分布趋于均匀分散；油料生产总体上也呈现出向少数县域集聚的态势。

（2）2000—2020年在全国层面新疆棉花、糖料、瓜果生产具有规模比较优势，尤其是棉花的规模比较优势十分显著。新疆主要农作物生产总体上均有效率比较优势，棉花、糖料、瓜果生产还兼具了综合比较优势；在本地区层面各县域主要农作物生产比较优势分布并不均衡，且多数县域属于劣势区，而具备优势区的县域也多以规模比较优势为主；在县域尺度的规模比较优势指数、效率比较优势指数和综合比较优势指数虽具有一定的集聚态势，但是集聚效应不强。

（3）新疆主要农作物生产规模比较优势格局演变的主要因素是政策引导，推动农作物生产效率比较优势格局演化的主要因素是技术进步，而影响农作物生产综合比较优势格局演变的主要因素是技术进步和农民收入的提升。

参考文献（References）

[1] Liu S, Lei P F, Li X, et al. A nonseparable undesirable output modified three-stage data envelopment analysis application for evaluation of agricultural green total factor productivity in China[J]. Science of the Total Environment, 2022, 838: 155947, doi: 10.1016/j.scitotenv.2022.155947.

[2] 杜蓉, 柳思维, 蔡荣. 中国粮食空间生产格局演变特征及其驱动机制[J]. 经济问题, 2023(8): 92-102. [Du Rong, Liu Siwei, Cai Rong. The characteristics and driving mechanism of China's grain spatial production pattern evolution[J]. On Economic Problems, 2023(8): 92-102.]

[3] 陈晓艺, 姚筠, 霍彦峰, 等. 安徽省主要气象灾害趋势演变及其对粮食总产的影响[J]. 长江流域资源与环境, 2020, 29(10): 2285-2295. [Chen Xiaoyi, Yao Yun, Huo Yanfeng, et al. Trends of four major meteorological disasters and the impacts on grain yield in Anhui Province[J]. Resources and Environment in the Yangtze Basin, 2020, 29(10): 2285-2295.]

[4] 屠爽爽, 简代飞, 龙花楼, 等. 广西主要农作物生产格局演变特征与机制研究[J]. 地理学报, 2022, 77(9): 2322-2337. [Tu Shuangshuang, Jian Daifei, Long Hualou, et al. Evolution characteristics and mechanism of major crops production patterns in Guangxi[J]. Acta Geographica Sinica, 2022, 77(9): 2322-2337.]

[5] Liu Y, Yuan X L, Li J X, et al. Trade-offs and synergistic relationships of ecosystem services under land use change in Xinjiang from 1990 to 2020: A Bayesian network analysis[J]. Science of the Total Environment, 2023, 858: 160015, doi: 10.1016/j.scitotenv.2022.160015.

[6] 国家统计局. 中国统计年鉴2023[M]. 北京: 中国统计出版社, 2023. [National Bureau of Statistics of China. China statistical yearbook 2023[M]. Beijing: China Statistics Press, 2023.]

[7] 唐华俊, 吴文斌, 杨鹏, 等. 农作物空间格局遥感监测研究进展[J]. 中国农业科学, 2010, 43(14): 2879-2888. [Tang Huajun, Wu Wenbin, Yang Peng, et al. Recent progresses in monitoring crop spatial patterns by using remote sensing technologies[J]. Scientia Agricultura Sinica, 2010, 43(14): 2879-2888.]

[8] 彭晖, 张嘉望, 李博阳. 我国农产品生产集聚的时空格局及影响因素——以蔬菜生产为例[J]. 西北农林科技大学学报(社会科学版), 2017, 17(6): 81-90. [Peng Hui, Zhang Jiawang, Li Boyang.

Spatial temporal characteristics and affecting factors of agricultural production agglomeration in China[J]. Journal of Nortuwest A & F University (Social Science Edition), 2017, 17(6): 81-90.]

[9] 李二玲, 庞安超, 朱纪广. 中国农业地理集聚格局演化及其机制[J]. 地理研究, 2012, 31(5): 885-898. [Li Erling, Pang Anchao, Zhu Jiguang. Analysis of the evolution path and mechanism of China's agricultural agglomeration and geographic[J]. Geographical Research, 2012, 31(5): 885-898.]

[10] 杨宗辉, 李金锴, 韩晨雪, 等. 我国粮食生产重心变迁及其影响因素研究[J]. 农业现代化研究, 2019, 40(1): 36-43. [Yang Zonghui, Li Jinkai, Han Chenxue, et al. The evolution path of China's grain production base and the influencing factors[J]. Research of Agricultural Modernization, 2019, 40(1): 36-43.]

[11] Zhen W, Qin Q D, Wei Y M. Spatio-temporal patterns of energy consumption-related GHG emissions in China's crop production systems[J]. Energy Policy, 2017, 104: 274-284.

[12] 李二玲, 胥亚男, 雍雅君, 等. 农业结构调整与中国乡村转型发展——以河南省巩义市和鄢陵县为例[J]. 地理科学进展, 2018, 37(5): 698-709. [Li Erling, Xu Ya'nan, Yong Yajun, et al. Agricultural structure adjustment and rural transformation development in China: Taking Gongyi City and Yanling County as examples[J]. Progress in Geography, 2018, 37(5): 698-709.]

[13] 吴娜琳, 卫怡珂, 李立, 等. 县域非粮作物空间格局及其形成机制——来自河南省宁陵县的实证分析[J]. 地理科学进展, 2023, 42(7): 1298-1310. [Wu Nalin, Wei Yike, Li Li, et al. Spatial distribution of non-grain crops and formation mechanism: Empirical analysis of Ningling County, Henan Province[J]. Progress in Geography, 2023, 42(7): 1298-1310.]

[14] 任频频, 李保国, 黄峰. 农作物种植结构演变下的黄淮海旱作区小麦玉米生产时空格局[J]. 资源科学, 2022, 44(3): 436-449. [Ren Pinpin, Li Baoguo, Huang Feng. Spatiotemporal patterns of wheat and maize production under the evolution of crop planting structures in the Huang-Huai-Hai dry farmland, China[J]. Resources Sciences, 2022, 44(3): 436-449.]

[15] 曹永强, 李维佳, 袁立婷. 河北省主要农作物生产时空格局变化特征及安全评价[J]. 地理科学, 2018, 38(8): 1319-1327. [Cao Yongqiang, Li Weijia, Yuan Liting. Spatio-temporal pattern variation and safety evaluation of crops in Hebei Province[J]. Scientia Geographica Sinica, 2018, 38(8): 1319-1327.]

[16] Liao C, Wang J, Dong T, et al. Using spatio-temporal fusion of Landsat-8 and MODIS data to derive phenology, biomass and yield estimates for corn and soybean[J]. Science of the Total Environment, 2019, 650: 1707-1721.

[17] Li J, Lei H. Tracking the spatio-temporal change of planting area of winter wheat-summer maize cropping system in the North China Plain during 2001—2018[J]. Computers and Electronics in Agriculture, 2021, 187: 106222, doi: 10.1016/j.compag.2021.106222.

[18] Goffart J P, Haverkort A, Storey M, et al. Potato production in northwestern Europe (Germany, France, the Netherlands, United Kingdom, Belgium): Characteristics, issues, challenges and opportunities[J]. Potato Research, 2022, 65(3): 503-547.

[19] Niu Y N, Xie G D, Xiao Y, et al. Spatial layout of cotton seed production based on hierarchical classification: A case study in Xinjiang, China[J]. Agriculture, 2021, 11(8): 1-23.

[20] Yang Z N, Tang J J, Yu M, et al. Sustainable cotton production through increased competitiveness: Analysis of comparative advantage and influencing factors of cotton production in Xinjiang, China[J]. Agronomy 2022, 12(10): 22-39.

[21] 张志高, 范留飞, 马晓慧, 等. 2007—2015年新疆粮食增产格局及贡献因素研究[J]. 干旱区资源与环境, 2018, 32(9): 71-75. [Zhang Zhigao, Fan Liufei, Ma Xiaohui, et al. Spatial-temporal patterns of Xinjiang's grain output increase and the contribution factors during 2007—2015[J]. Journal of Arid Land Resources and Environment, 2018, 32(9): 71-75.]

[22] 王福红, 夏咏. 中国耕地集约化利用不平衡不充分特征及成因[J]. 资源科学, 2024, 46(1): 130-144. [Wang Fuhong, Xia Yong. Characteristics of unbalanced and inadequate intensive use of cultivated land in China and causes[J]. Resources Science, 2024, 46(1): 130-144.]

[23] 姚成胜, 杨一单, 殷伟. 中国非主粮生产的地理集聚特征及其空间演化机制[J]. 经济地理, 2020, 40(12): 155-165. [Yao Chengsheng, Yang Yidan, Yin Wei. Geographical agglomeration characteristics of China's non-primary grain production and its spatial evolution mechanism[J]. Economic Geography, 2020, 40(12): 155-165.]

[24] 梁常安, 杜国明, 郝均. 中国农业技术创新的时空格局及其诱致性[J]. 干旱区地理, 2023, 46(4): 667-677. [Liang Chang'an, Du Guoming, Hao Jun. Spatial-temporal pattern and inducement of agricultural technology innovation in China[J]. Arid Land Geography, 2023, 46(4): 667-677.]

[25] 谭晓艳, 张晓恒, 游良志. 自然因素和政策干预对中国棉花生产布局变迁的影响[J]. 农业技术经济, 2020(4): 79-93. [Tan Xiaoyan, Zhang Xiaoheng, You Liangzhi. A study on the impact of natural factors and policy interventions on the dynamics of cotton production[J]. Journal of Agrotechnical Economics, 2020(4): 79-93.]

[26] 张建华. 一种简便易用的基尼系数计算方法[J]. 山西农业大学学报(社会科学版), 2007, 23(3): 275-278, 283. [Zhang Jianhua. An convenient method to calculate Gini coefficient[J]. Shanxi Agricultural University (Social Science Edition), 2007, 23(3): 275-278, 283.]

[27] 赵文智, 任珩, 杜军, 等. 河西走廊绿洲生态建设和农业发展的若干思考与建议[J]. 中国科学院院刊, 2023, 38(3): 424-434. [Zhao Wenzhi, Ren Heng, Du Jun, et al. Thoughts and suggestions on oasis ecological construction and agricultural development in Hexi Corridor[J]. Bulletin of Chinese Academy of Sciences, 2023, 38(3): 424-434.]

[28] 赵锐锋, 王福红, 张丽华, 等. 黑河中游地区耕地景观演变及社会经济驱动力分析[J]. 地理科学, 2017, 37(6): 920-928. [Zhao Ruifeng, Wang Fuhong, Zhang Lihua, et al. Dynamic of farmland

landscape and its socioeconomic driving forces in the middle reaches of the Heihe River[J]. Scientia Geographica Sinica, 2017, 37(6): 920−928.]

[29] 刘珍环, 杨鹏, 吴文斌, 等. 近30年中国农作物种植结构时空变化分析[J]. 地理学报, 2016, 71(5): 840−851. [Liu Zhenhuan, Yang Peng, Wu Wenbin et al. Spatio-temporal changes in Chinese crop patterns over the past three decades[J]. Acta Geographica Sinica, 2016, 71(5): 840−851.]

[30] 栾军强, 王荣成, 朱子媛, 等. 山东省粮食供需变动下农业生产格局研究[J]. 中国农业资源与区划, 2021, 42(8): 201−209. [Luan Junqiang, Wang Rongcheng, Zhu Ziyuan, et al. Study on agricultural production pattern under the change of grain supply and demand in Shandong Province[J]. Chinese Journal of Agricultural Resources and Regional Planning, 2021, 42(8): 201−209.]

Spatio-temporal pattern evolution and influencing factors of main crops production in arid region: A case of Xinjiang

WANG Fuhong[1,2], XIA Yong[2]

(1. School of Agriculture and Forestry Economics and Management, Lanzhou University of Finance and Economics, Lanzhou 730101, Gansu, China; 2. College of Economics and Management, Xinjiang Agricultural University, Urumqi 830052, Xinjiang, China)

Abstract: Agriculture in arid regions plays a vital role in advancing local socio-economic development and ecological sustainability, given the unique resource and environmental constraints. This study examines Xinjiang, China, as a case study, utilizing the center of gravity transfer model, locational Gini coefficient, comparative advantage index, and global Moran's *I* index at the county level to analyze the spatio-temporal evolution and influencing factors of the six major crops from 2000 to 2020. The results indicate that: (1) Xinjiang's agricultural planting scale has been growing steadily from 2000 and 2020, and cotton, vegetables, and melons "advancing", grain, oil, and sugar crops "restreating" constitute the basic competitive situation of the major crops. (2) The production centers for the six major crops are predominantly located in the central and western regions of Xinjiang. The concentration of cotton, vegetables, and melon production has steadily increased, with production becoming concentrated in a relatively small number of counties. (3) At the national level, all six major crops exhibit efficiency comparative advantages. Cotton, sugar, and melon production demonstrate both scale and comprehensive comparative advantages, with cotton showing a particularly pronounced scale advantage. At the regional level, most counties in Xinjiang lack comparative advantages in crop production. Counties with comparative advantages are primarily scale-dominated. (4) The evolution of Xinjiang's crop production pattern has been influenced by several critical factors, including policy directives, technological advancements, and rising farmer incomes.

Key words: crops; spatio-temporal pattern; comparative advantage; arid region; Xinjiang